

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

165/166

DT 2425,261

XR AU3743

86608V/50

A88 J08 Q78

DUPO 25.05.73

\*NL 7407-020

25.05.73-US-363802 (27.11.74) 801-01/06 F281-09/02 F281-21/06

Thermoplastic film or sheet heat exchangers - which are formed by stacks of ribbed sheets

A heat or mass exchanger comprises (a) a housing, in which a stack of thermoplastic components provided with at least two channels is placed, the ends of the stack being rigidly held, (b) a set of films contained in each of the above thermoplastic components, spaced by a series of parallel ribs so as to produce channels between the films and between the ribs, for the passage of a first medium, (c) corrugations provided in the channel-containing components between their ends, those of adjacent components crossing each other to space them apart and to form a channel for a second medium, and (d) inlets and outlets for the first and second media respectively.

#### EMBODIMENTS

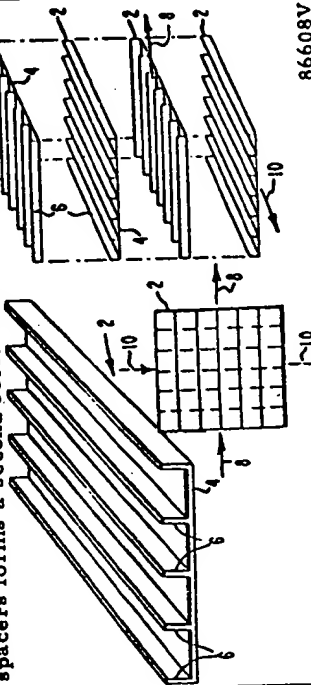
A sheet (2) of thermoplastic resin forming a basic unit for the construction of a heat exchanger comprises a film (4) with a series of projections (6) forming parallel ribs of equal height on one surface of the film. The film may have a thickness of 0.025-0.5 mm. A series of such sheets (2) is assembled by heat sealing the tops of the ribs (6) of one

J1-C3, J8-C2.

2 87

sheet to the plane face (4) of an adjacent sheet, in such a way that the ribs (6) in successive sheets run at right angles to each other. A heat exchanger is thereby produced in which one medium flows in the direction (8) and the other in the direction (10).

A large number of variations of this principle are described including components formed by two films and separated by parallel ribs to provide corresponding channels. Corrugation of these components and assembly with end spacers forms a second series of channels.



86608V

DERWENT-ACC-NO: 1974-86608V

DERWENT-WEEK: 197450

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Thermoplastic film or sheet heat exchangers - which are formed by stacks of ribbed sheets

PATENT-ASSIGNEE: DU PONT DE NEMOURS & CO E I[DUPO]

PRIORITY-DATA: 1973US-0363802 (May 25, 1973)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	
MAIN-IPC				
NL 7407020 A	November 27, 1974	N/A	000	N/A
DE 2425261 A	December 19, 1974	N/A	000	N/A
FR 2230403 A	January 24, 1975	N/A	000	N/A
JP 50031464 A	March 27, 1975	N/A	000	N/A

INT-CL (IPC): B01J001/06, F28D009/02 , F28F003/08 , F28F009/02 , F28F021/06

ABSTRACTED-PUB-NO: NL 7407020A

BASIC-ABSTRACT:

Heat or mass exchanger comprises (a) a housing, in which a stack of thermoplastic components provided with  $\geq 2$  channels is placed, with the ends of the stack prevented from moving; (b) a set of films contained in each of the thermoplastic components, spaced by a series of parallel ribs to produce channels between the films and between the ribs, for the passage of a first medium; (c) corrugations provided in the channel-contg. components between their ends, these of adjacent components crossing each other to space them apart and to form a channel for a second medium which is in a condition to exchange heat or mass with the first medium; and (d) inlets and outlets on the housing for the first and second media resp.

TITLE-TERMS: THERMOPLASTIC FILM SHEET HEAT EXCHANGE FORMING STACK RIB SHEET

DERWENT-CLASS: A88 J08 Q78

CPI-CODES: A12-H; J01-C03; J08-C02;

POLYMER-MULTIPUNCH-CODES-AND-KEY-SERIALS:

Multipunch Codes: 012 034 04- 041 046 047 05- 062 064 087 090 27& 435 454 502 503 546 575 596 623 624 629 642 688 721 723



⑤

Deutsche Kl.: 17 f, 12/06

⑩

⑪

⑪

⑫

⑬

## Offenlegungsschrift 2 425 261

Aktenzeichen: P 24 25 261.7

Anmeldetag: 24. Mai 1974

Offenlegungstag: 19. Dezember 1974

Ausstellungspriorität: —

⑭

Unionspriorität

⑮

Datum: 25. Mai 1973

⑯

Land: V. St. v. Amerika

⑰

Aktenzeichen: 363802

⑱

Bezeichnung: Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung

⑲

Zusatz zu: —

⑳

Ausscheidung aus: —

㉑

Anmelder: E.I. du Pont de Nemours and Co., Wilmington, Del. (V.St.A.)

Vertreter gem. § 16 PatG: Abitz, W., Dr.-Ing.; Morf, D., Dr.;  
Brauns, H.-A., Dipl.-Chem. Dr. rer. nat.; Pat.-Anwälte, 8000 München

㉒

Als Erfinder benannt: Withers, Michael Somerville, Landenberg, Pa.;  
Hartig, Martval John, Wilmington, Del. (V. St. A.)

*vgl. Ber. - L. 17/75*

DT 2 425 261

Patentanwälte  
Dr. Ing. Walter Abitz  
Dr. Dieter F. Morf  
Dr. Hans-A. Brauns  
8 München 85, Prinzenerstr. 28

2425261

24. Mai 1974  
AD-4461R

E. I. DU PONT DE NEMOURS AND COMPANY

10th and Market Streets, Wilmington, Delaware, V.St.A.

---

Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung

---

Die vorliegende Erfindung betrifft Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtungen und insbesondere solche, welche aus Folien aus thermoplastischem Harz hergestellt sind.

Die Verwendung von einer dünnwandigen Rohranordnung aus polyfluoriertem Kunststoff zur Herstellung des Kerns eines Wärmetauschers ist in der US-Patentschrift 3 228 456 (Brown und Hartig) beschrieben. Die in dieser Patentschrift offenbarte Erfindung stellte einen sprunghaften Fortschritt in der Verwendung eines Kunststoffharzes in Wärmetauschern dar, die für eine industrielle Anwendung geeignet waren, jedoch zeigte sich ein Bedarf für eine Technik zur Verarbeitung und Anordnung der Vielzahl von Rohren, die den Kern bilden, wie dies durch spätere Patentschriften bezüglich dieses Gegenstandes erhärtet wurde, beispielsweise di

US-PS 3 426 841 (Johnson) und die US-Patentschriften 3 277 999, 3 315 740 und 3 435 893 (letzere sämtlich Withers).

Eine jüngere Neuerung bei der Verwendung thermoplastischer Harze in Wärmetauschern war die Entwicklung von Wärmetauschern in Form einer Folie, wie sie in den Fig. 13 bis 17 der US-PS 3 509 005 (Hartig) dargestellt ist. Die Folie weist an einer Oberfläche derselben eine Anzahl von parallelen Rippen auf, die einstückig mit der Oberfläche ausgebildet sind, wobei eine weitere Folie mittels Wärmeeinwirkung mit den oberen Scheiteln der Rippen verbunden ist. Die erhaltenen Räume zwischen den Rippen und Folien bilden eine Vielzahl von Fluid-Durchtrittsöffnungen, wobei jede Durchtrittsöffnung ein Äquivalent eines Rohres eines mit einem Rohrkern aufgebauten Wärmetauschers darstellt. Das Arbeiten mit einer Folie gemäss der genannten US-PS 3 509 005 hat den Vorteil, im wesentlichen dem Arbeiten mit einer Vielzahl separater Rohre (entsprechend der Anzahl der Fluid-Durchtrittsöffnungen in der Folie) gleichwertig zu sein.

Die vorliegende Erfindung lässt sich zusammenfassen als eine Anzahl von Anordnungen von Folien gemäss der US-PS 3 509 005, in solcher Weise, dass vorteilhafte Anordnungen für Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtungen, wie Ionenaustauschvorrichtungen, gebildet werden. Insbesondere wird eine Anzahl von Folien übereinander oder nebeneinander angeordnet, wobei die Zwischenräume zwischen den Folien eine Durchtrittsöffnung für ein Fluid bilden, welches bezüglich seiner Wärme oder Masse einen anderen Zustand aufweist, wie das durch die Folien strömende Fluid, um einen Austausch zwischen diesen Fluiden zu bewirken.

Jede Lage besteht aus einem Paar dünner Folien, welche mittels einer Vielzahl von zwischen den Folien im Abstand voneinander angeordneten Vorsprüngen auseinander gehalten werden, wobei die Zwischenräume zwischen den Folien und den

Vorsprüngen eine Vielzahl von Fluid-Durchtrittsöffnungen bilden. Die Folien sind dünn und die durch dieselben gebildeten Kanalanordnungen weisen ein geringes Gewicht auf, wobei die Grenzen zwischen den Fluidströmungen nur durch dünne Kunststoffabschnitte gebildet werden und das Arbeiten mit diesen Anordnungen einfach und die Fertigung wirtschaftlich ist.

Gemäss der einfachsten Ausführung der Erfindung besteht eine Lage nur aus einer Folie, von welcher sich im Abstand angeordnete Vorsprünge wegerstrecken, wobei die Vorsprünge einer Lage mit der Folie der nächsten Lage zusammenwirken, um eine Durchtrittsöffnung für das Fluid zwischen den Folien zu bilden.

Somit weist die Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung gemäss der vorliegenden Erfindung eine Hülle oder ein Gehäuse auf, einen Stapel von mindestens zwei Kanalanordnungen aus thermoplastischem Harz, der vom Gehäuse aufgenommen wird, wobei die Enden des Stapels der Kanalanordnungen gegen eine Bewegung innerhalb des Gehäuses gesichert ist, und jede Kanalanordnung ein Paar Folien und eine Anzahl paralleler Rippen aufweist, welche sich zwischen den Folien erstrecken und diese im Abstand voneinander halten, so dass die zwischen den Folien und den Rippen erhaltenen Räume Durchtrittsöffnungen für ein erstes Fluid bilden, die Kanalanordnungen zwischen ihren Enden ferner wellenförmig verlaufen, wobei die Wellenzüge in anliegenden Kanalanordnungen einander kreuzen, um mindestens Teile der Kanalanordnungen im Abstand voneinander zu halten, so dass eine Durchtrittsöffnung für ein zweites Fluid gebildet wird, welches sich in einem anderen Zustand wie das erste Fluid zwecks Wärme- bzw. Massenaustausches mit demselben befindet, wobei das Gehäuse eine Einlass- und Auslasseinrichtung für das erste Fluid sowie eine Einlass- und Auslasseinrichtung für das zweite Fluid aufweist, und eine Einrichtung vorgesehen ist, um eine Verbindung zwischen dem ersten und dem zweiten Fluid innerhalb des Gehäuses zu verhindern, sowie eine Einrichtung, um einen

Durchtritt des zweiten Fluids zwischen dem Stapel der Kanalanordnungen und dem Gehäuse zu verhindern, welche die Zwischenräume zwischen den Flächen der Kanalanordnungen an der Oberfläche des Stapels und den entsprechenden Gehäusewänden abdichtet und welche bei einer Biegung des Stapels während einer Erwärmung desselben eine begleitende Bewegung durchführen kann, um die Abdichtung aufrechtzuerhalten.

Die Erfindung wird anschliessend anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine isometrische Darstellung einer Ausführungsform einer Folie mit sich von dieser wegerstreckenden Vorsprüngen, wobei diese Ausführungsform sich zur Herstellung von Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtungen gemäss der vorliegenden Erfindung eignet,

Fig. 2 eine isometrische Darstellung einer anderen Ausführungsform von Vorsprüngen an einer Folie nach der Fig. 1,

Fig. 3 eine isometrische Darstellung einer weiteren Ausführungsform von Vorsprüngen an einem Abschnitt einer Folie nach Fig. 1,

Fig. 4 eine isometrische Darstellung eines Abschnittes der Ausführungsform nach Fig. 1, wobei eine Rippe zum Teil weggeschnitten ist und ferner querverlaufende Turbulenzrippen vorhanden sind,

Fig. 5 in schematischer Darstellung eine Anzahl der Ausführungsformen nach Fig. 1 gerade vor ihrem Zusammenbau zur Herstellung einer erfindungsgemässen Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung,

Fig. 6 und 7 in schematischer Darstellung Vorder- und Seiten-



aussichten der Anordnung nach Fig. 5,

Fig. 8 in Grundrissanordnung nach Fig. 5, aus welcher die Richtungen der Fluidströmung ersichtlich sind,

Fig. 9 in schematischer Darstellung ein Paar der Ausführungsformen nach Fig. 1 im zusammengebauten Zustand, wobei die aneinanderliegenden Folienverläufe senkrecht zueinander sind,

Fig. 10 in vergrößerter Darstellung ein Ende der Anordnung nach Fig. 9, woraus eine weitere Art der Verbindung der Folien ersichtlich ist,

Fig. 11 eine isometrische Darstellung einer einzigen Kanal-anordnung, welche sich zur Herstellung der erfindungsgemässen Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung eignet,

Fig. 12, 13, 14 und 15 in vergrößerter Darstellung einige Ausführungsformen der stirnseitigen Anordnung von einzelnen Durchtrittsöffnungen innerhalb der Kanalanordnung nach Fig. 11,

Fig. 16 und 17 eine Vorder- und Seitenansicht eines Stapels der Kanalanordnungen nach Fig. 11,

Fig. 18 und 19 in einer Vorder- und Seitenansicht ein Paar der Kanalanordnungen nach Fig. 11 mit einer Einrichtung, um diese im Abstand voneinander zu halten,

Fig. 20 eine auseinandergezogene isometrische Darstellung einer Anordnung eines Paares der Kanalanordnungen nach Fig. 11, wovon jede Wellenzüge aufweist, welche quer zur Längsrichtung der Anordnung und quer zueinander verlaufen,

Fig. 21 eine Seitenansicht der Kanalanordnungen nach Fig. 20 im zusammengebauten Zustand,

Fig. 22 im Grundriss eine Fluidströmung zwischen den Kanalanordnungen nach Fig. 21,

Fig. 23 im Grundriss die Fluidströmung zwischen Kanalanordnungen, wovon jede eine andere Ausführungsform der Wellenzüge gemäss der vorliegenden Erfindung aufweist,

Fig. 24 im Seitenansicht einen Stapel der mit Wellenzügen versehenen Kanalanordnungen gemäss Fig. 20, die innerhalb eines Gehäuses angeordnet sind,

Fig. 25 einen Grundriss der Ausführungsform nach Fig. 24,

Fig. 26 und 27 im Grundriss verschiedene Ausführungsformen von Einlass- und Auslassanordnungen für die Fluidströmung durch eine Anordnung nach Fig. 24,

Fig. 28 im Grundriss eine weitere Ausführungsform von Wellenzügen einer gemäss der vorliegenden Erfindung verwendeten Kanalanordnung,

Fig. 29 und 30 Seiten- und Vorderansichten der Kanalanordnung nach Fig. 28,

Fig. 31 im Grundriss eine weitere Ausführungsform der Wellenzüge einer Kanalanordnung, die sich zur Verwendung gemäss der vorliegenden Erfindung eignet,

Fig. 32 und 33 Seiten- und Vorderansichten der Kanalanordnung nach Fig. 31,

Fig. 34 einen Stapel von mit Wellenzügen versehenen Kanalanordnungen,

Fig. 35 eine Vorderansicht eines Stapels von Kanalanordnungen, welche zu einer Spirale aufgewickelt sind, um eine spiral-

-7-

förmig Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtungen zu erg ben,

Fig. 36 ein Seit nansicht der Spiralanordnung nach Fig. 35,

Fig. 37 eine vergrösserte Schnittdarstellung längs der Linie 37-37 der Fig. 35,

Fig. 38 in schematischer Darstellung eine Seitenansicht einer Vorrichtung zur Herstellung der Kanalanordnung nach Fig. 14,

Fig. 39 in einem vergrösserten Querschnitt längs der Linien 39-39 einen Teil eines Führungsabschnitts der Vorrichtung nach Fig. 38,

Fig. 40 im Grundriss eine Ausführungsform eines Abstandsbandes, welches bei der vorliegenden Erfindung vorteilhaft verwendet wird, um aneinandergrenzende Kanalanordnungen im Abstand voneinander zu verbinden,

Fig. 41 in Seitenansicht das Abstandsband gemäss Fig. 40,

Fig. 42 und 43 in schematischer Darstellung und im Aufriss von vorne den Zusammenbau von zwei Kanalanordnungen mittels des Abstandsbands gemäss Fig. 40,

Fig. 44 einen Querschnitt des Abstandsbandes nach Fig. 40, aus welcher der während des Zusammenbaus der Kanalanordnungen auftretende Schmelzbereich ersichtlich ist,

Fig. 45 einen Grundriss eines Endes der geschichteten Kanalanordnungen, welche eine weitere Ausführungsform zum Durchtritt von Fluid in die Kanalanordnungen zeigt,

Fig. 46 und 47 Seiten- und Vorderansichten der Anordnung nach Fig. 45,

- 7 -

409851/0783

- 8 -

Fig. 48 in schematisch r Darstellung einen Grundriss der erfindungsgemässen Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung, mit einer Ausführungsform einer Einrichtung zur Verhinderung eines Fluid-Nebenschlusses,

Fig. 49 eine Seitenansicht der Einrichtung nach Fig. 48,

Fig. 50 einen Schnitt längs der Linie 50-50 der Fig. 48, und

Fig. 51 eine weitere Ausführungsform einer Einrichtung zur Verhinderung eines Fluid-Nebenschlusses, welche in den Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtungen gemäss der vorliegenden Erfindung verwendet werden kann.

Fig. 1 zeigt eine Lage 2 eines thermoplastischen Harzes, welche ein Grundelement für erfindungsgemässe Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtungen darstellt. Die Lage besteht aus einer Folie 4 und einer Anzahl von im Abstand voneinander angeordneten Vorsprüngen 6 von gleicher Höhe in Form von parallelen Rippen, welche sich von der Oberfläche der Folie wegerstrecken. Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtungen gemäss der vorliegenden Erfindung werden hergestellt, indem die Lagen 2 derart geschichtet werden, dass die Rippen in benachbarten Lagen quer zueinander verlaufen, beispielsweise unter einem Winkel von  $90^\circ$  gemäss Fig. 5. Damit arbeiten die Folie 4 und die Rippen in einer Lage 2 mit der Folie 4 der anliegenden Lage 2, welche in Anlage mit den Rippen kommt, zusammen, um einen Kanalaufbau zu bilden, d. h. einen lagenförmigen Aufbau, welcher eine Mehrzahl von Kanälen aufweist. Ein Fluid wird durch diese Kanäle in der durch die Pfeile in der in Fig. 5 und 6 angegebenen Richtung 8 geleitet, während ein weiteres Fluid mit einem unterschiedlichen Massen- bzw. Temperaturzustand durch die Kanäle geleitet wird, welche durch eine anliegende Lage 2 gebildet werden, wobei die Richtung 10 dieser Strömung in den Fig. 5 und 7 angegeben ist. Die relativen Richtungen dieser Fluidströmungen sind aus Fig. 8 deutlicher ersichtlich.

- 8 -

409851/0783

Die Aufgabe der Vorsprünge 6 besteht darin, die Folie 4 von Lage 2 zu Lage 2 in der Stapelanordnung zu trennen, so dass der sich dabei ergebende Abstand für den Durchtritt von Fluid verfügbar wird. Da die Vorsprünge das verfügbare Durchtrittsvolumen und die Wärme- bzw. Massenübertragungsfläche verkleinern, ist es erwünscht, dass sie so dünn wie möglich bemessen werden und in einem möglichst grossen Abstand voneinander liegen, wie dies mit den baulichen Erfordernissen der Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung noch vereinbar ist. Anstelle einer Ausbildung der Vorsprünge 6 als parallele Rippen gleicher Höhe, wie dies in Fig. 1 gezeigt ist, können die Rippen in Längsrichtung verlaufende, im Abstand voneinander angeordnete Einschnitte 12 gemäss Fig. 2 aufweisen, wobei dort nur eine Rippe dargestellt ist, welche ebenfalls eine Verbindung zwischen den in Längsrichtung verlaufenden Durchtrittsöffnungen in der Lage 2 herstellen. In einer weiteren Ausführungsform sind die Vorsprünge als im Abstand voneinander angeordnete, stiftartige Elemente 14 beliebiger Querschnittsform ausgebildet, welche sich gemäss Fig. 3 von der Oberfläche der Folie wegstrecken.

Ein Lecken von Fluid zwischen benachbarten Lagen 2 in einem Stapel gemäss beispielsweise den Fig. 5, 6 und 7 wird verhindert, indem mindestens die Kanten der Lage 2 in Richtung der Rippen gegenüber der anliegenden Lage 2 abgedichtet sind, beispielsweise längs der Linie 16 nach Fig. 9. Diese Kantenabdichtung kann durch Klebstoffe erfolgen, deren Zusammensetzung jeweils vom verwendeten Kunststoffharz abhängt, oder durch Heissiegelung der Kanten der Lagen miteinander, beispielsweise durch Einbetten eines Widerstandsdrahts 18 längs eines verdickten Vorsprungs 20 an der Kante der einen Lage 2 und durch Hindurchschicken eines elektrischen Stromes durch den Widerstandsdraht, um damit den angrenzenden Bereich der Lage und den anliegenden Teil der benachbarten Lage 2 zu schmelzen und die

in beiden Lagen längs der Ausdehnung des Widerstandsdrahtes 18 zu verschmelzen, wie dies in Fig. 10 gezeigt ist. Zur Erzielung einer grösseren Steifigkeit der Anordnung können die Scheitel der Vorsprünge 6, welche zwischen denen an der Kante der Lage 2 liegen, ebenfalls mit der Unterseite der darüberliegenden Lage 2 heissgesiegelt sein.

Ein weiteres Merkmal der Lage 2 kann aus querverlaufenden Rippen 15 bestehen, die kürzer als die Vorsprünge 6 sind, oder andere Formen zur Erzielung einer Turbulenz in dem Fluid aufweisen, welches durch die Kanäle strömt, die durch die Vorsprünge 6 (Rippen) und die Folie 4 gemäss Fig. 4 gebildet werden.

Ein weiterer Baublock einer erfindungsgemässen Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung wird durch die Kanalanordnung 22 mit lagenähnlichen Aufbau gebildet, welche in Fig. 11 dargestellt ist, und welche aus einer ersten Folie 24, einer zweiten Folie 26 und einer Anzahl von Rippen 28 besteht, welche im Abstand voneinander angeordnet sind und sich in Längsrichtung der Folien 24 und 26 erstrecken. Die Rippen sind an den Ober- und Unterseiten mit ihren jeweiligen Folien verbunden, um die Folien im Abstand voneinander anzuordnen und diesen Abstand wie auch die Fluchtung der Folien miteinander aufrechterzuerhalten und eine steife Anordnung zu ergeben. Durchtrittsöffnungen 30 erstrecken sich über die Länge der Kanalanordnung 22 und werden durch den Abstand zwischen den Rippen und zwischen den Folien gebildet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel enthält die Kanalanordnung 11 derartige Durchtrittsöffnungen. Der Abstand zwischen den Rippen über die Längsabmessung der Anordnung 22 ist derart gewählt, dass die Durchtrittsöffnungen 30 über die gesamte Länge der Anordnung offen sind. Dies wird zweckmässig erreicht, indem die Rippen parallel zueinander verlaufen. Da die Rippen alle die gleiche Höhe aufweisen, sind die Folien 24 und 26 ebenfalls parallel zueinander ange-

ordnet. Die Folien und die Rippen bestehen aus thermoplastischem Harz. Anst 11 von Ripp n können andere Ausführungsform n von Vorsprüngen in der Kanalanordnung 22 verwendet werden, wie sie beispielsweise in den Fig. 2 und 3 gezeigt sind.

Da die Folien 24 und 26 als Begrenzung zwischen Fluidströmungen dienen sollen, zwischen welchen ein Wärme- bzw.

Massenaustausch vorgenommen werden soll, ist es im allgemeinen erwünscht, dass die Folien so dünn sind, wie dies mit der für eine gegebene Anwendung erforderlichen baulichen Steifigkeit vereinbar ist. Übliche Folienstärken liegen zwischen 0,025 bis 0,50 mm (1 bis 20 mils), wobei Stärken von 0,025 bis 0,30 mm (1 bis 12 mils) bevorzugt werden.

Die Rippen 28 verleihen den Folien 24 und 26 die erforderliche Steifigkeit und ermöglichen darüberhinaus die vorausgehend beschriebene Bindungsfunktion, wozu sie im entsprechenden Abstand angeordnet sind. Es ist im allgemeinen ausreichend, dass die Rippen ein Verhältnis von Höhe zu Breite von mindestens 3 : 1 aufweisen, eine Breite von 0,025 bis 0,50 mm (1 bis 20 mils) und einen Abstand, welcher das 20- bis 100fache der Breite der Rippe beträgt.

Die dünnen Folien 24 und 26 arbeiten mit den dünnen Rippen 28 zusammen, um eine steife, aber geringes Gewicht aufweisende Anordnung für die erfindungsgemäße Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung zu ergeben. Das geringe Gewicht der Kanalanordnung 22 lässt sich durch die Angabe verdeutlichen, dass das Gewicht - Volumen - Verhältnis des Kanalaufbaus 22 geringer als 35 % des Gewicht-Volumen-Verhältnisses des Harzes ist, aus welchem die Kanalanordnung 22 besteht.

Die genannten Abmessungen für die Folie und die Rippen sowie deren Abstand voneinander betreffen ebenfalls die Lage 2;

. 12.

das Gewicht-Volumen-Verhältnis der Lage beträgt im allgemeinen weniger als 30 % des Gewicht-Volumen-Verhältnisses des Harzes zur Herstellung der Lage.

Die Lage 2 bzw. Kanalanordnung 22 kann durch ein kontinuierliches Formverfahren entsprechend der US-PS 3 509 005 (Hartig) hergestellt werden, nach welchem eine Bahn aus thermoplastischem Harz an der Oberfläche einer gekühlten umlaufenden, mit einem Muster versehenen Walze gebildet wird, wobei die Bahn eine Folie mit Vorsprüngen beispielsweise Rippen aufweist, die gemäss dem in der Walze vorhandenen Muster geformt und einstückig mit der Oberfläche der Folie ausgebildet sind. Für die Kanalanordnung 22 wird eine zweite Folie mit den Scheiteln der Rippen unter Anwendung von Wärme verbunden, indem die Scheitel der Rippen zur Erweichung derselben einem Brenner ausgesetzt werden, worauf die Folie mit den erweichten Scheiteln der Rippen laminiert wird.

Der erhaltene Kanalaufbau besteht aus einer Folien-Rippen-Anordnung, welche die in Fig. 12 dargestellte Durchtrittsöffnung 30 bildet, wobei die Verbindungsstelle zwischen der Folie 24 und den mit dieser einstückig geformten Rippen 28 (und der Folie 4 und den Vorsprüngen 6) nach Wunsch abgerundet ausgeführt sein kann, indem das Muster in der Walze entsprechend abgeändert wird, jedoch verläuft die Verbindung zwischen den Rippen 28 und der Folie 26, welche mit den Scheiteln der Rippen mittels Wärmeeinwirkung verbunden ist, ziemlich scharf ausgeprägt, wie bei 32 angegeben ist, wodurch Spannungsanstiegsstellen entstehen, falls der Druck innerhalb der Durchtrittsöffnung 30 den an der Aussenseite der Folie 26 auftretenden Druck übersteigt.

Eine alternative Ausführungsform ist in Fig. 13 dargestellt, gemäss welcher die Verbindungsstelle 34 zwischen den Rippen 28 und der Folie 26 als allmählicher Übergang 29 ausgebildet ist,

- 12 -

409851/0783



wodurch Spannungsanstiegsstellen vermieden werden, wobei diese Anordnung erhalten wird, indem ein geschmolzener Flansch an den Scheiteln der Rippen 28 gebildet und die Folie 26 mit diesem geschmolzenen Flansch laminiert wird, wie dies in der DT-OS 2 007 836 beschrieben ist.

Eine weitere Anordnung 35 ist in Fig. 14 dargestellt, welche durch Laminieren einer mit abstehenden Rippen 38 versehenen Folie 36 mit einer Folie 40 erhalten wird, die mit abstehenden Rippen 42 ausgestattet ist, wobei die Laminierung zwischen den Rippen zwecks Erzielung eines verdickten Bereichs 44 erfolgt, welcher sich längs der Rippen erstreckt und welcher unter Verwendung der in den Fig. 38 und 39 dargestellten Laminiervorrichtung erhalten wird. Gemäss Fig. 38 sind ein Paar angetriebener, im Abstand voneinander angeordneter Rollen 46 vorgesehen, welche mit gleicher Geschwindigkeit, aber in entgegengesetzter Richtung umlaufen, um einen Spalt 48 zu bilden, in dem sich die Folie 36 (mit Rippen 38) und die Folie 40 (mit Rippen 42) in einer von Rippe zu Rippe erfolgenden Anlage treffen, um zu einer Kanalanordnung 35 laminiert zu werden. Die Laminierung erfolgt mittels eines zugespitzt verlaufenden, erhitzten Stabs 50, welcher frei an den Oberseiten der Rippen 38 und 42 gerade oberhalb des Spaltes liegt, wobei der Kontakt zwischen dem Stab und den Oberseiten der Rippen zur Ausbildung eines geschmolzenen Wulstes längs der Oberseiten der Rippen dient, die im Spalt zusammenkommen, damit die Rippen 38 und 42 mittels Wärme miteinander verbunden werden. Der Stab 50 wird durch ein darin angeordnetes Heizelement 51 erhitzt. Der Abstand zwischen den Walzen 46 und dem Spalt 48 und das Schmelzen der Oberseiten der Rippen 38 und 42 tragen dazu bei, die geschmolzenen Oberseiten der Rippen nach aussen zu verformen, um einen verhältnismässig dicken Bereich zur Durchführung der Heiss-siegelung zu erhalten und den resultierenden verdickten Bereich 44 zu erzielen. Durch die Verbindung der Folien an einer zwischen den Rippen gelege-

nen Verbindungsstelle anstatt im Bereich, wo die Rippen auf die Folie auftreffen, wird ein weicher Übergang zwischen der Folie und der Rippe unter Vermeidung von Spannungsanstiegstellen bei der Verformung der Folie mit den sich von ihrer Oberfläche wegerstreckenden Rippen erhalten.

Bei der Ausführungsform der Fig. 14 ist es wichtig, dass die Rippen 38 und 42 fluchtend zueinander angeordnet sind, damit die Verbindung von Scheitel zu Scheitel erfolgen kann, und dies wird mittels Führungsanordnungen 52 erreicht, die an Halterungen 54 angeordnet sind und die je nach Bedarf zur Vorerwärmung oder Kühlung der hindurchlaufenden Folien und Rippen dienen, sowie zur Führung der Folien 36 und 40 zwecks Fluchtung der damit verbundenen Rippen. Wie aus Fig. 39 ersichtlich ist, bewegt sich die Folie 36 längs der Oberfläche der Halterung 54, welche auf Umgebungstemperatur gehalten werden kann oder welche aus einer erhitzten oder gekühlten Fläche bestehen kann, wobei die Führungsanordnung 52 einen nach unten gerichteten Vorsprung 56 aufweist, welcher an der Kante der Folie 36 anliegt, sowie abwärtsgerichtete, zweizinkige, fingerähnliche Elemente 58, welche die Rippen 38 umgeben und in dieser Weise am Ausgangsende der Führungsanordnung 52 führen. Die Elemente 58, welche jede Rippe umfassen, können an getrennten, kammähnlichen Platten angeordnet sein, welche relativ zueinander gleitend angeordnet sind, um zwischen den Elementen 58 verstellbare Räume zu bilden, die verschiedene Rippenweiten aufnehmen können und die bestmögliche Fluchtung gewährleisten. Zwar können auch unterbrochene Vorsprünge, wie die Rippen 6 und die Zapfen 14 gemäss den Fig. 2 und 3 bei dieser Ausführungsform verwendet werden, jedoch stellen ununterbrochene Rippen 28 die bevorzugte Ausführung dar.

Die Kanalanordnung 35 kann in gleicher Weise wie die Kanalanordnung 22 verwendet werden, wobei der Vorteil vorhanden ist, dass eine etwas grössere Sicherheit bezüglich des Feh-

lens von Spannungsanstiegstellen an der Verbindung zwischen der Folie und den Rippen besteht. Die Kanalanordnung 35 weist im wesentlichen die gleichen Abmessungen wie die Kanalanordnung 22 auf, mit der Ausnahme, dass die an jeder Folie der Kanalanordnung geformten Rippen lediglich die halbe Rippenhöhe gegenüber einer Anordnung besitzen, in welcher die Folie mit den Scheiteln der Rippen entsprechend den Ausführungsformen nach den Fig. 12 und 13 verbunden wird. Die Anordnung der Fig. 14 hat ferner den Vorteil, dass Turbulenzrippen, wie beispielsweise die Rippen 15 gemäss Fig. 4, an beiden Folienkomponenten der Kanalanordnung vorgesehen werden können, und zwar vorzugsweise in einer in Längsrichtung versetzt angeordneten Lage, damit eine Turbulenz im Bereich beider Folien der Kanalanordnung erzielt wird. Wird beispielsweise Polyäthylen zur Herstellung der Kanalanordnung 35 verwendet, so werden die durch ihre jeweiligen Führungsanordnungen hindurchtretenden Folien und Rippen auf 450 bis 500° C mittels des spaltförmigen, erwärmten Stabes 50 erhitzt, wobei die Foliengeschwindigkeit 1,52 bis 15,2 m (5 bis 50 ft./min.) beträgt. Die Folien 36 und 40 weisen zwischen sich und ihren zugehörigen Rippen jeweils einen Krümmungsradius von 0,127 bis 0,25 mm (5 bis 10 mil) auf, und sind 0,05 mm (2 mils) dick. Die Rippen sind 0,25 mm (10 mils) breit und 0,62 mm (25 mils) hoch. Der erhaltene Kanalaufbau 35 weist eine Gesamtdicke von 1,22 mm (48 mils) auf und einen verdickten Abschnitt, welcher mindestens 50 % dicker als die Dicke der fluchten Rippen ist, die den verdickten Bereich bilden, wobei dieser Wert einen bevorzugten Mindestanstieg der Dicke für die Ausführungsform der Kanalanordnung nach Fig. 14 gemäss der vorliegenden Erfindung darstellt. Die Walzen 46 sind zwecks Kühlung der erhaltenen Kanalanordnung wassergekühlt und der von dem erhitzten Stab vorgenommene Schmelzvorgang erfolgt unter einer Stickstoffatmosphäre. Die Temperatur des erhitzten Stabes ändert sich mit dem geschmolzenen, thermoplastischen Harz; als allgemeine Regel gilt jedoch, dass die Temperatur weit genug über dem Schmelzpunkt des

- 16 -

Harz s liegt, so dass eine Bildung geschmolzenen Harzes am erhitzten Stab nicht stattfindet.

Eine weitere Ausführungsform der Kanalanordnungen 22 und 35, welche sich zur Verwendung gemäss der vorliegenden Erfindung eignet, ist in Fig. 15 dargestellt, gemäss welcher die Kanten der Folien-Rippen-Anordnung, von welcher nur eine dargestellt ist, aus einer verdickten Rippe 60 bestehen, welche randseitig die Steifigkeit und Festigkeit der Kanalanordnung erhöht und einen eingebauten Begrenzungsanschlag für die miteinander laminierten Folien und Rippen gemäss den Ausführungsformen der Fig. 12, 13, und 14 bildet, und die schliesslich den Zusammenbau der Kanalanordnungen in eine Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung erleichtert. Da die verdickte Rippe 60 zu einer Verringerung des Volumens der Durchtrittsöffnung der Kanalanordnung führt, ist eine sehr grosse Dicke der genannten Rippe unerwünscht. Übliche Rippendicken von 0,62 bis 2,54 mm (25 bis 100 mils) reichen aus.

Zur Herstellung der anschliessend beschriebenen Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtungen kann jede der Kanalanordnungen und Ausführungsformen der Fig. 11 bis 15 verwendet werden.

Gemäss den Fig. 16 und 17 werden die Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtungen der vorliegenden Erfindung im wesentlichen durch Stapeln der Kanalanordnungen, die mit 22 bezeichnet sind, zwecks Erzielung einer Anordnung 70 erhalten. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Stapel von sechs Kanalanordnungen vertikal geschichtet. Jedoch könnte die Anordnung auch seitlich gestapelt sein (durch Drehung der Anordnung 70 der Fig. 17 um 90° um eine Achse parallel zur Zeichenebene). Der Stapel der Kanalanordnungen wird in seiner zusammengebauten Lage mittels mit Öffnungen versehenen Lagen 72 gehalten, die im Bereich der einander entgegengesetzten Enden der Kanalan-

rdnung 22 li gen, wobei jede Kanalanordnung in einer Öffnung ihr r zugeordneten Lage 72 aufgenommen wird. Di Kanalanrdnungen werden mittels Wärmeeinwirkung miteinander verbunden (falls die mit Öffnungen verseh nen Lagen 72 aus thermoplastischem Harz bestehen), verklebt oder in anderer Weise in den Öffnungen der zugehörigen Lagen 72 derart befestigt, dass eine Verbindung zwischen einem durch die Kanalanordnungen hindurchtretenden Fluid und einem zwischen den Kanalanordnungen fliessenden Fluid verhindert wird.

Der Abstand zwischen den Öffnungen in den Lagen 72 gewährleistet einen entsprechenden Abstand 74 zwischen den Kanalanordnungen über ihre Längserstreckung. Die Durchtrittsöffnungen 30 erstrecken sich längs der Kanalanordnungen 22 und dienen damit als Durchtrittsöffnung für ein Fluid, während die Abstände 74 zwischen den Anordnungen 22 zum Durchtritt für ein zweites Fluid zwecks Erzielung eines Austausches, wie beispielsweise eines Wärme- oder Ionenaustausches, mit dem durch die Durchtrittsöffnungen 30 strömenden Fluid dienen.

Eine weitere Möglichkeit zur Aufrechterhaltung der Abstände 74 längs benachbarter Kanalanordnungen 22 besteht darin, längliche Elemente, wie Bänder 76, zwischen den Kanalanordnungen anzuordnen, welche quer zur Längsrichtung derselben liegen, wie aus den Fig. 18 und 19 ersichtlich ist. Der seitliche Abstand zwischen den Bändern 76 hängt von der Länge der Kanalanordnungen 22 ab, sowie von ihrer Neigung, ohne Verwendung eines Bandes in Berührung miteinander zu gelangen. Eine zu häufige Anordnung von Bändern 76 hindert einen zu grossen Teil der Oberfläche der Folien 24 und 26 an einer Berührung mit dem durch die Kanalanordnungen hindurchtretenden Fluid. Das Band kann an den Enden der Kanalanordnungen anstelle der Lagen 70 (Fig. 19) verwendet werden. Wird der Stapel der Kanalanordnungen über die beiden in den Fig. 18 und 19 dargestellten Anordnungen erweitert, so bilden die Bänder 76 an den Enden der Kanalanordnungen ein Äquivalent

der Lagen 72, um eine Verbindung zwischen dem Fluid in den Durchtrittsöffnungen 30 und dem zwischen den Kanalanordnungen hindurchtretenden Fluid zu verhindern. Die Bänder 76 können ferner zwischen den Enden der Kanalanordnungen in der Anordnung 70 angeordnet sein, um die Abstände 74 in der Ausführungsform gemäss den Fig. 16 und 17 aufrechtzuerhalten.

Das Abstandsband 76 wird an den aneinander gegenüberliegenden Folienflächen benachbarter Kanalanordnungen durch Verbindung mittels Hitzeeinwirkung, Verkleben oder mittels eines anderen Befestigungsverfahrens befestigt. Beispielsweise kann das Band 76 aus thermoplastischem Harz bestehen und Kohlenstoff oder andere leitende Teilchen in solcher Weise eingebettet haben, dass das Band gemäss der US-PS 3 537 935 (Withers) leitend wird. Beim Durchtritt elektrischen Stroms durch das Band schmilzt dieses und verbindet dabei durch Wärmeeinwirkung die am Band anliegenden Oberflächen der Kanalanordnung.

Gemäss einer anderen Ausführungsform wird das Abstandsband mittels mindestens eines Widerstandsdrahtes 80 elektrisch leitend gemacht, welcher aus Metall oder Graphitfaser besteht und in das Band eingebettet ist. Die Faser verläuft in Längsrichtung eines Bandes 82 aus Kunststoffharz, wie aus den Fig. 40 und 41 ersichtlich ist. Das Band kann durch Laminieren einer Folie aus thermoplastischem Harz in solcher Weise hergestellt werden, dass der Draht dabei eingebettet wird, beispielsweise im Einklang mit dem Verfahren und unter Verwendung der Vorrichtung gemäss der US-PS 3 532 570 (Cotter).

Die Enden der Drähte 80, welche sich von den Enden des Bandes 82 wegerstrecken, sind an einen elektrischen Schaltkreis angeschlossen, welcher von einer Stromquelle 84 gespeist wird, wobei ein Paar Kanalanordnungen 22 an beiden Seiten des Bandes gemäss Fig. 42 angeordnet sind. Die Kanal-

- 19 -

anordnungen 22 werden gegen die Oberflächen des Bandes gedrückt und elektrischer Strom wird durch die Drähte 80 geleitet, um das Band zu schmelzen und dieses mittels einer Heissiegelungsbindung mit beiden Oberflächen der Kanalanordnungen 22 zur Erzielung des in Fig. 43 dargestellten Laminats zu verbinden. Dieser Vorgang kann schrittweise an aufeinanderfolgenden Bandschichten und Kanalanordnungen vorgenommen werden, um einen Stapel von Kanalanordnungen zu erhalten, oder gleichzeitig, indem ein kontinuierliches Band zwischen Lagen von Kanalanordnungen angeordnet wird und die gesamte Bandlänge zum Schmelzen gebracht wird, so dass eine gleichzeitige Heissiegelung aller Kanalanordnungen mit dem dazwischen liegenden Band vorgenommen wird. Die freiliegenden Enden des Bandes und des Drahtes können von der erhaltenen Anordnung abgeschnitten werden.

Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform liegen die Widerstandsdrähte 80 im Abstand von den Kanten des Bandes 82 nach innen versetzt, so dass zwar als Folge der Erwärmung der Drähte der Bereich des Bandes, welcher in Fig. 44 innerhalb der Klammern liegt, schmilzt, der Bereich der Kanten des Bandes, der ausserhalb der Klammern liegt, jedoch ungeschmolzen bleibt. Dies hat den Vorteil, dass die nichtgeschmolzenen Kanten des Bandes als Begrenzungsanschlag gegenüber dem Druck wirksam sind, welcher während des Laminierens der Kanalanordnungen mit dem Band ausgeübt wird, wodurch die gewünschten Abstände zwischen den Kanalanordnungen aufrechterhalten werden. Beispielsweise kann das Band 82 aus Polyäthylen bestehen, 12,7 mm (500 mils) breit und 0,89 mm (35 mils) dick sein, wobei sechs Drähte 80 aus einer Nichromlegierung mit einem Durchmesser von 0,25 mm (10 mil) zwischen den Oberflächen des Bandes in der Mitte desselben eingebettet sind, und die randseitigen Drähte von den Kanten des Bandes einen Abstand von 2,4 mm (95 mils) aufweisen, während der Abstand zwischen den Drähten selbst 1,57 mm (62 mils) beträgt (wobei diese Abstände zwischen den Mittellinien der Drähte gemessen wurden). Beim Durchtritt

- 19 -

409851/0783

ines Stroms von 2 Ampere durch jeden der Drähte in einem Zeitraum von 11 Sekunden schmilzt die Oberfläche des Bandes oberhalb und unterhalb der Drähte, jedoch schmelzen die Kanten des Bandes nicht, so dass eine Schmelzbindung des Bandes mit der Kanalanordnung erhalten wird, die in Berührung mit dem Band steht. Gemäss einer anderen Ausführungsform ist die eben beschriebene Drahtreihe seitlich versetzt, so dass der Abstand zu einer Kante des Bandes 2,03 mm (80 mils) beträgt, während der Abstand zur anderen Kante 2,8 mm (110 mils) beträgt. Die Kante mit einem Abstand von 2,03 mm liegt unter dem Ende der Kanalanordnung und verbessert die Schmelzbindung längs dieses Bereichs, während die Kante mit einem Abstand von 2,8 mm den Abstand zwischen den Kanalanordnungen aufrechterhält.

Gemäss einer anderen erfindungsgemässen Ausführungsform kann der Abstand 74 zwischen benachbarten Kanalanordnungen durch Einfügen einer zusammengesetzten Lage 2 (Fig. 1) erhalten werden, welche zwischen den Kanalanordnungen von Folie zu Folie laminiert ist.

Gemäss einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird der Abstand zwischen Kanalanordnungen in einer Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung gemäss der vorliegenden Erfindung durch die Kanalanordnungen selbst erhalten, indem diese Abschnitte aufweisen, welche von ihren jeweiligen Ebenen unter Berührung miteinander absteigen, um dabei den gewünschten Abstand zwischen den anderen Bereichen der benachbarten Kanalanordnungen aufrechtzuerhalten. Diese Ausführungsform ist in den Fig. 20 und 21 in Verbindung mit einer Kanalanordnung 22 dargestellt, welche in ihrer Längsrichtung sinusförmige Wellenzüge 86 aufweist, wobei die entstehenden Rillen 88 quer zur Längsrichtung der Kanalanordnung, aber nicht senkrecht dazu verlaufen, d. h. beispielsweise in einem Winkel von  $80^{\circ}$  gegenüber der Längsrichtung. Eine zweite Kanalanordnung 22 ist mit sinusförmigen Wellenzügen 90



versehen, welche Rillen 92 bilden, die quer zur Längsrichtung der Kanalanordnung (etwa im Winkel von  $80^\circ$  gegenüber der Längsrichtung) und zu den Rillen 88 verlaufen. Die erhaltenen gewellten Kanalanordnungen 22 werden unter Verwendung von Abstandsbändern 82 zusammengebaut, welche mittels einer Heissiegelung mit den Enden der einander gegenüberliegenden, nicht-gewellten Oberflächen der Kanalanordnungen verbunden sind. In der erhaltenen Anordnung gemäss Fig. 21 gelangen die Rillen 88 der einen Kanalanordnung in Berührung mit den Scheiteln 94 der anderen Kanalanordnung, und zwar an den Stellen, wo sich diese Rillen und Scheitel kreuzen. Die Rillen 92 der unteren Kanalanordnung und die Scheitel 96 der oberen Kanalanordnung verbleiben im Abstand voneinander, um den Durchtritt eines Fluids zwischen den beiden Kanalanordnungen 22 zu ermöglichen.

Die Kreuzung der Wellenzüge 86 und 90 bewirkt, dass die Strömung der Fluide zwischen den Kanalanordnungen 22 wiederholt aufgeteilt wird, wie dies durch eine Anzahl von Pfeilen dargestellt wird, welche von einem einzigen Pfeil ausgehen, der das zwischen den Kanalanordnungen gemäss Fig. 22 eintretende Fluid darstellt. Die Aufteilung tritt dort ein, wo die Rillen 88 und die Scheitel 94 zusammentreffen, um für das querströmende Fluid ein Hindernis zu bilden. Diese Aufteilung bewirkt einen innigeren Kontakt des Fluids mit den einander gegenüberliegenden Oberflächen der Kanalanordnungen. Das gleiche gilt bezüglich der Wirkung der Wellenzüge auf das durch die Kanalanordnungen fliessende Fluid, wobei diese Strömung in Fig. 22 durch den von links nach rechts gerichteten Pfeil angegeben ist.

Durch Verringerung des Winkels, welchen die Rillen 88 und 92 mit der Längsrichtung (Achse) der Kanalanordnungen bilden, und welcher beispielsweise  $45^\circ$  beträgt, werden die Hindernisstellen in Querrichtung häufiger, wie dies in Fig. 23 durch die grössere Anzahl von Pfeilen angedeutet wird, di

ausgehend von einem einzigen Pfeil erhalten werden, welcher das intretende in Querrichtung strömende Fluid darstellt. Damit ergeben die Wellenzüge den gewünschten Abstand zwischen den Kanalanordnungen und steuern die Fluidströmung zwischen denselben. Die Wellenzüge tragen ferner zur Stabilisierung des Stapels der Kanalanordnungen während einer thermischen Ausdehnung bei, da sie dazu neigen, die sich ausdehnenden Anordnungen zusammen zu halten.

Anstelle einer Ausbildung, bei welcher beide anliegenden Kanalanordnungen mit Wellenzügen versehen sind, braucht lediglich eine Anordnung einen Abschnitt der Kanalanordnungen im Abstand von der anderen zu halten, um eine Fluidströmung zwischen den Kanalanordnungen zu ermöglichen. Gemäss einer weiteren Ausführungsform kann das Muster der Wellenzüge in ein Muster von Erhöhungen oder Vertiefungen abgeändert werden. Diese Ausführungsform ist in den Fig. 28 bis 30 beispielsweise dargestellt und besteht aus einer Kanalanordnung 22 mit einer Anzahl von Vertiefungen 95, welche an einer Fläche der Anordnung 22 angeordnet sind; jedoch könnten die Vertiefungen auch an beiden Flächen der Anordnung vorhanden sein. Die Fig. 31 bis 33 zeigen ferner eine Wellenanordnung 22, in welcher die Wellungen senkrecht zur Längsachse der Anordnung verlaufen. Diese Ausführungsformen können in Verbindung mit einer nicht mit Wellenzügen versehenen Kanalanordnung verwendet werden oder können mit einer ähnlichen mit Wellenzügen versehenen Kanalanordnung in solcher Weise gestapelt werden, dass ein Ineinandergreifen, d. h. ein Ausfüllen des Abstands zwischen benachbarten Kanalanordnungen verhindert wird; dies ist beispielsweise für einen Stapel der Kanalanordnungen 22 in Fig. 34 dargestellt, welche mit im Abstand angeordneten Wellen 98 versehen sind.

Das Muster der Wellenzüge in den Kanalanordnungen kann mittels Warmformung in solcher Weise erhalten werden, dass die Durchtrittsöffnungen 30 in der Kanalanordnung nicht ver-

geschlossen werden. Üblicherweise erfolgt die Warmformung durch Erhitzen der Kanalanordnung auf eine Temperatur, bei welcher diese erweicht wird (ab r nicht schmilzt), beispielsweise auf 100 bis 125° C für Polyäthylen, und durch Einpressen des Wellenzugsmusters in die Anordnung unter Verwendung eines Presskolbens und eines Pressentisches, welcher das gewünschte komplementäre Muster aufweist. Die in Längsrichtung verlaufenden Durchtrittsöffnungen 10 in der Kanalanordnung können unter einem Druck gehalten werden, welcher grösser als Atmosphärendruck ist, um ein Zusammendrücken von irgendeiner der Durchtrittsöffnungen zu vermeiden. Um die Gleichmässigkeit der Warmformung zu erzielen und offene Durchtrittsöffnungen 30 zu erhalten, erfolgt das Erhitzen der Kanalanordnung vor dem Pressvorgang mittels einer durch Berührung arbeitenden Erhitzungsvorrichtung, bis ein Gleichgewichtszustand erreicht wird, worauf sich der Pressvorgang unter Verwendung eines gekühlten Presskolbens und eines gekühlten Pressentisches anschliesst, sowie einer Stehzeit, welche zu einem stabilen warmgeformten Erzeugnis führt.

Die Anordnung 70 der Kanalanordnungen 22 (bzw. der Stapel der Lagen 2) kann als Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung zusammen mit einer Einrichtung verwendet werden, welche das den Kanalanordnungen zugeführte und das zwischen den Kanalanordnungen zugeführte Fluid getrennt hält. Dies erfolgt zweckmässig durch eine Umhüllung für die Anordnung der Kanalanordnungen, wobei die Umhüllung mit Einlässen und Auslässen für die Fluidströme versehen ist. Beispielsweise kann die Anordnung 70 innerhalb einer Umhüllung 100 angeordnet sein, welche Seitenwände 102 und Endwände 104 in Form eines Kegelstumpfes gemäss den Fig. 24 und 25 aufweist. Die Endwände 104 sind mit einem Einlass 106 für ein Fluid und einem Auslass 108 für das gleiche Fluid ausgestattet, nachdem letzteres durch die Durchtrittsöffnungen der Kanalanordnungen durchgeflossen ist. Die Endwände arbeiten als Zuführ- bzw. Ablassverteiler in dem Sinne, dass

alle Enden der Durchtrittsöffnungen in den Kanalanordnungen innerhalb dieser Endwände offen sind, um Fluid aufzunehmen oder abzugeben. In ähnlicher Weise ist ein Paar Seitenwände 102, die den Kanten der Kanalanordnungen gegenüberliegen, ebenfalls kegelstumpfförmig ausgebildet und weist einen Einlass 110 und einen Auslass 112 für Fluid auf, welches jeweils in die Durchtrittsöffnungen zwischen den Kanalanordnungen ein- bzw. aus diesen austritt. Die mit Öffnungen versehenen Lagen 72 bilden eine lecksichere Verbindung mit den Innenflächen der Seitenwände 102 und dienen als Einrichtung zur Verhinderung einer Verbindung zwischen den Fluiden, welche den Einlässen 106 und 110 zugeführt werden. Anstelle von konisch ausgebildeten Seitenwänden 102 könnten die diesen benachbarten Seitenwände 102 verlängert werden, so dass flache Seitenwände den Einlass 110 und Auslass 112 aufweisen würden und als Einlass- und Auslassverteiler für alle Durchtrittsöffnungen zwischen den Kanalanordnungen arbeiten würden.

Anstelle einer fluchtenden Anordnung der Einlässe und Auslässe für das durch die Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung strömende Fluid gemäss den Fig. 24 und 25 könnten andere Anordnungen vorgesehen sein. Beispielsweise kann gemäss Fig. 26 der Einlass 110 benachbart einem Ende des Gehäuses 100 und der Auslass 112 benachbart dem entgegengesetzten Ende liegen, und das Fluid, welches zwischen den mit Wellenzügen versehenen Kanalanordnungen 22 (der im Grundriss gezeigt ist) strömt, folgt einem Gegenstromweg, welcher im wesentlichen durch die gestrichelte Linie 114 angegeben ist. Gemäss Fig. 27 sind der Einlass 106 und der Auslass 108 am gleichen Ende des Gehäuses 100 angeordnet, und es ist eine Trennwand 116 vorgesehen, welche mit den im mittleren Bereich gelegenen Rippen der Kanalanordnungen zusammenwirkt, um den Zuführverteiler in zwei Kammern, entsprechend einem Auslass und Einlass, aufzuteilen. Der Strömungsweg des durch die mit Wellenzügen versehenen Kanal-

anordnungen strömenden Fluids wird im wesentlichen durch die gestrichelte Linie 118 angegeben.

Anstelle einer Stapelung der Kanalanordnungen 22 in einer verhältnismässig flachen Anordnung gemäss den Fig. 17 und 24 könnte der Stapel der Anordnungen in Längsrichtung derselben in eine Spiralanordnung 120 gemäss Fig. 35 eingewickelt werden. Ein Einlassverteiler 122 für Fluid ist an einem Ende des Stapels im Mittelpunkt der Spirale vorgesehen, während ein Auslassverteiler 124 am entgegengesetzten Ende des Stapels angeordnet ist, wobei das dem Verteiler 122 zugeführte Fluid längs der durch die Kanalanordnungen gebildeten Spirale 120 fliesst. Die Spiralanordnung 120 kann innerhalb eines Gehäuses 126 liegen, welches gestrichelt in Fig. 36 angedeutet ist, und welches mit einem Einlass 128 und einem Auslass 130 zur Zuführung eines zweiten Fluids zwischen den Kanalanordnungen der Spiralanordnung ausgestattet ist. Durch die Ausbildung der Kanalanordnungen mit Wellenzügen (Fig. 37) in der in Fig. 29 gezeigten Weise, wird der Abstand zwischen den Kanalanordnungen ungeachtet der Spiralförmigkeit aufrechterhalten.

Eine weitere Abänderung, welche bei den Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtungen gemäss der vorliegenden Erfindung vorgesehen werden kann, besteht in der Anordnung von Einlassöffnungen 132, welche sich von der Oberseite des Stapels der Kanalanordnungen 22 durch die obere Folie der unteren Kanalanordnung des Stapels gemäss den Fig. 45 bis 47 erstrecken. Zwischen den Kanalanordnungen sind elastomere Einlagen 134 angeordnet, wobei sich die Einlassöffnungen 132 durch diese Einlagen erstrecken und die Einlagen 134 eine Abdichtung im übrigen Bereich zwischen benachbarten Kanalanordnungen bilden und einen Abstand 136 zwischen den Kanalanordnungen 22 für den Durchtritt eines zweiten Fluids aufrechterhalten. Ein erstes Fluid wird über die Einlassöffnungen 132 zugeführt und fliesst anschliessend durch die Kanalanordnungen, wie dies durch die

Pfeil in Fig. 46 angedeutet ist, zum Auslassende des Stapels, welcher in gleicher Weise wie das Einlassende ausgebildet sein kann oder aber in der in Fig. 17 gezeigten Bauform. Eine Endplatte 138 ist vorgesehen, um die Enden der Kanalanordnungen am Einlassende des Stapels abzuschliessen. Die Einlassöffnungen 132 sind in einer Reihe oder gegeneinander versetzt angeordnet, um Fluid jeder Längsöffnung in jeder Kanalanordnung zuzuführen, oder die Rippen sind unterbrochen ausgebildet, so dass das einer Längsöffnung zugeführte Fluid über die Einlassöffnungen 132 andere Längsöffnungen in der Kanalanordnung erreichen kann. Die Anwendung eines mässigen mechanischen Druckes zum Zusammendrücken der Kanalanordnungen reicht im allgemeinen aus, um die Einlagen im Bereich der Einlassöffnungen 132 abdichten und dabei eine Vermischung zwischen dem ersten und dem zweiten Fluid zu verhindern. Der erwähnte Druck kann mittels eines engpassenden, nicht dargestellten Gehäuses für den Stapel der Kanalanordnungen erhalten werden.

Bei Anwendungen, bei welchen ein erhitztes Fluid durch die Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung geleitet wird, und die Enden des Stapels innerhalb der Vorrichtung an einer Bewegung gehindert sind, besteht infolge der thermischen Ausdehnung der Kanalanordnungen die Neigung zu einer Durchbiegung der Kanalanordnungen. Wenn sich eine Kanalanordnung von der anderen wegbiegt, vergrössert sich der Abstand zwischen den Anordnungen, was zu einem Durchtritt von Fluid zwischen den Anordnungen ohne Wärme- bzw. Massenaustausch führt. Der erhöhte Abstand wirkt in der Tat als unerwünschter Nebenschluss für das Fluid. Eine Ausführungsform zur Vermeidung dieses Effekts ist in Fig. 48 dargestellt, gemäss welcher das Gehäuse 100 einen Stapel von mit Wellenzügen versehenen Kanalanordnungen 22 enthält, welche innerhalb von festliegenden, mit Öffnungen versehenen Lagen 72 angeordnet sind. Die durchgebogene Lage des Stapels wird durch die gestrichelten Linien 140 angedeutet. Der Abstand zwischen der oberen und unteren Kanal-

anordnung und dem jeweiligen Gehäusewänden 100 wird mit zusammengepressten Block n 142 aus für Flüssigkeit undurchlässigem elastomerem Material mit niedrigem Elastizitätsmodul, beispielsweise geschäumten Polyurethan (mit geschlossenen Zellen) gebildet. Erweitert sich der Raum, in dem der Block liegt, so dehnt sich der Block 142 aus und nimmt den vergrösserten Raum unter Abdichtung desselben ein, während umgekehrt der andere Block 142 durch den gewölbten Stapel der Kanalanordnungen weiter zusammengepresst wird.

Eine weitere Ausführungsform einer Einrichtung zur Verhinderung eines Fluidnebenschlusses als Folge einer thermischen Ausdehnung und eines Durchbiegens des Stapels der Kanalanordnungen ist in Fig. 51 dargestellt, in welcher die Anordnung aus einer Folie 144 besteht, welche den Raum zwischen der äussersten Kanalanordnung des Stapels und den zugehörigen Wänden des Gehäuses 100 überbrückt und sich zwischen den mit Öffnungen versehenen Lagen 72 von Ende zu Ende der Kanalanordnungen erstreckt. Die Folien 144 sind beispielsweise mittels Wärmesiegelung längs gegenüberliegender Seiten an den Enden der äussersten Kanalanordnungen und der Gehäusewand gemäss Fig. 51 befestigt, um das durch den Einlass 110 zugeführte Fluid am Erreichen des Auslasses 112 zu hindern, mit Ausnahme des Durchtritts zwischen den Kanalanordnungen, und zwar ungeachtet der ausgebogenen Lage des Stapels der Kanalanordnungen. Die verbleibenden Kanten der Folien 144 können gegebenenfalls mit den mit Öffnungen versehenen Lagen 72 versiegelt werden.

Die Auswahl der thermoplastischen Harzes für die Kanalanordnungen und das Abstandsband hängt von der Anwendung ab, für welche die Wärme- bzw. Massentauschvorrichtung verwendet werden soll. Gewöhnlicherweise, aber nicht notwendigerweise bestehen das Abstandsband und die Kanalanordnungen aus dem gleichen Harz. Die mit Öffnungen versehene Lage 72 und das Gehäuse 100 können gegebenenfalls

ebenfalls aus thermoplastischem Harz hergestellt werden, um den gesamten Zusammenbau mittels Heissiegelung in der Komponente mit der anderen zu ermöglichen. Abdichtungen, wie beispielsweise O-Ringe, können zwischen den Enden des Stapels der Kanalanordnungen oder zwischen den mit Öffnungen versehenen Lage 72 und den Gehäusewänden verwendet werden, um eine Strömung zwischen den Fluiden zu verhindern.

Beispiele geeigneter thermoplastischer Harze umfassen gesättigte Kohlenwasserstoffpolymere (Polyolefine), wie beispielsweise lineares oder verzweigtes Polyäthylen, Polypropylen und Copolymere desselben, Ionomere gemäss der US-PS 3 264 272 (Rees), Copolymere von Äthylen mit einer  $\alpha,\beta$ -ungesättigten Carboxylsäure gemäss der britischen Patentschrift 963 380 und Mischungen derselben mit gesättigten Kohlenwasserstoffpolymeren, Polymere von halogenierten oder perhalogenierten Olefinen, wie beispielsweise ein Vinylchloridpolymeres und in der Schmelze verarbeitbare Tetrafluoräthylencopolymere, wie beispielsweise Tetrafluoräthylen/Hexafluorpropylen oder Perfluoralkylvinyläther-Copolymeres, und Chlortrifluoräthylenpolymeres; Polyvinylacetat und Copolymere desselben mit gesättigten Kohlenwasserstoffpolymeren und gegebenenfalls saure Copolymere gemäss der britischen Patentschrift 963 380, Polyamide, wie Polyhexamethylenadipamid (Nylon-66), Polyhexamethylensebacamid (Nylon-610), Polycaprolactam (Nylon-6), Copolymere derselben und Mischungen der Polyamide mit sauren Copolymeren, Ionomeren und/oder gesättigten Kohlenwasserstoffpolymeren, Oxymethylenpolymeren einschliesslich Homopolymeren und Copolymeren; Polycarbonate, ABS-Harze, Polyester, wie Polyäthylenterephthalat; Polysulfon; Poly-phenylenoxid, und chlorierte Polyäther. Alle die genannten Harze besitzen die Eigenschaft, in der Schmelze verarbeitbar zu sein, was die bevorzugte Art zur Herstellung der Lagen oder Kanalanordnungen der Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung gemäss der vorliegenden Erfindung darstellt.



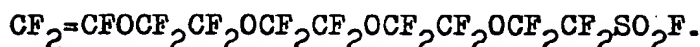
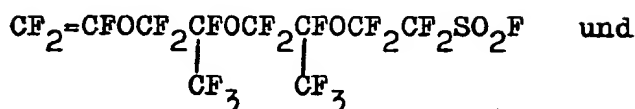
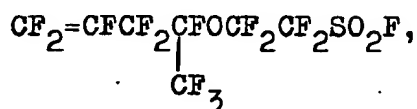
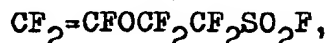
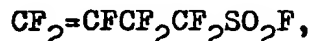
Harze, die nur zeitweise thermoplastisch sind, beispielsweise während des Pressens, aber welche anschliessend hitzehärtbar werden, können ebenfalls zur Herstellung der Bauteile der erfindungsgemässen Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung verwendet werden.

Zur Verwendung als Ionenaustauscher muss das Harz Ionenaustauschqualitäten aufweisen. Jedes thermoplastische Ionenaustauschharz kann verwendet werden.

Beispiele von Ionenaustauschharzen umfassen die Copolymere eines fluorierten Äthylens und einer äthylenisch ungesättigten Sulfonsäure. Beispiele von fluorierten Äthylenen sind jene, welche sich durch die Formel  $CF_2 = CX^1X^2$  darstellen lassen, wobei  $X^1$  durch H, F oder Cl gebildet wird und  $X^2$  durch H, F oder eine Fluoralkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen und insbesondere durch  $CF_3$ . Das fluorierte Äthylen polymerisiert über die Vinylbindung. Geeignete fluorierte Äthylene umfassen Tetrafluoräthylen, Chlortrifluoräthylen und Vinylidenfluorid.

Die äthylenisch ungesättigte Sulfonsäure ist das Kennzeichen der  $-SO_3H$ -Gruppen tragenden Polymereinheiten. Diese Polymereinheiten müssen nicht von einem Sulfonsäure enthaltenden Monomer gebildet werden, sondern können durch Sulfonierung der einer Sulfonierung zugänglichen Gruppen von Polymerem oder durch Copolymerisation des fluorierten Äthylens mit dessen  $-SO_3H$ -Gruppen in einer Vorläuferform erhalten werden. Übliche Vorläufermonomere sind die Fluorkohlenstoffvinylsulfonylfluoride, welche durch die Formel  $CF_2=CFR SO_2F$  dargestellt werden, wobei R eine chemische Bindung oder eine bifunktionelle organische Gruppe darstellt, welche die Sulfonylgruppe mit der Vinylgruppe verbindet. Die Copolymerisation erfolgt durch die Vinylgruppe und die  $-SO_2F$ -Gruppen werden nach der Copolymerisation in  $-SO_3H$ -Gruppen umgewandelt. Die R-Gruppe besteht im allgemeinen aus einer Perfluoralkylengruppe und kann eine oder

mehrere Ätherbindung n enthält n. Beispiel von Sulfonylfluoridmonomeren umfassen



Die fluorierten Äthylen- und Fluorkohlenstoffvinylsulfonylfluoride werden mittels üblicher Polymerisationsverfahren copolymerisiert, um ein Copolymeres zu ergeben, in welchem die Sulfonylfluorid tragenden Einheiten regellos längs der Copolymerkette verteilt sind. Diese Sulfonylfluoridgruppen können in die entsprechende Sulfonsäure durch Reaktion des Copolymeren mit einer wässrigen Base, wie z. B. NaOH, umgewandelt werden, um die Sulfonylfluoridgruppen in Sulfonate zu verwandeln, worauf eine Reaktion des Sulfonats mit einer starken, anorganischen Säure, wie etwa  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , erfolgt, um Sulfonsäuregruppen zu liefern. Die Herstellung der Sulfonylfluoridmonomeren, ihre Copolymerisation mit fluorierten Äthylenen und die Umwandlung der  $-\text{SO}_2\text{F}$ -Gruppen in  $-\text{SO}_3\text{H}$ -Gruppen wird in den US-Patentschriften 3 301 893, 3 041 317 und 3 282 875 beschrieben, sowie in der deutschen Patentanmeldung P 1 959 143 und der US-Patentanmeldung Ser. No. 779 273 vom 26. November 1968. Zusätzliche Ionenaustauschharze, welche verwendet werden können, enthalten die Pfropfpolymeren gemäss der US-PS 3 257 334, welche durch Polymerisieren einer Vinylsulfonsäure

in Anwesenheit eines Fluorkohlenstoffpolymeren erhalten werden. Beispiele solcher Polymerer umfassen das Pfropfpolymeren in der Vinylsulfonsäure, wie beispielsweise Styrolsulfonsäure, auf einem Rückgrat aus Polytetrafluoräthylen oder Polychlortrifluoräthylen.

Anstelle einer Polymerisation unter Verwendung von Sulfonyl enthaltenden Monomeren kann das resultierende Polymer durch eine Reaktion mit  $\text{SO}_3$  sulfoniert werden, um am Polymer (einem Rückgrat oder Zweig desselben) Sulfonsäuregruppen zu ergeben. Beispielsweise kann Styrol auf einem Fluorkohlenstoff-Rückgrat pfropfpolymerisiert werden, worauf eine Sulfonierung der Styrolgruppe erfolgt. Die erhaltene sulfonierte Styrolgruppe wird in diesem Zusammenhang als äthylenisch ungesättigte Sulfonsäure betrachtet.

Die Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtungen gemäss der vorliegenden Erfindung können zum Austausch zwischen zwischen Flüssigkeiten oder zwischen einem Gas und einer Flüssigkeit verwendet werden. Der Abstand zwischen den Kanalanordnungen und zwischen den Folien der Kanalanordnungen (Höhe der Vorsprünge) kann nach Wunsch gewählt werden, um einen wirksamen Wärme- oder Massenübergang in Verbindung mit den verwendeten, gerade beschriebenen Fluiden, dem verwendeten thermoplastischen Harz und der verwendeten Übergangs- oder Austauschfläche zu erzielen.

Beispielsweise besteht ein Wärmeaustauscher aus einem Stapel von 20 Kanalanordnungen aus Polyäthylen, welche einen Kanalaufbau gemäss Fig. 14 aufweisen, sowie die einzelnen Abmessungen, welche für diese Ausführungsform vorangehend genannt wurden. Jede Lage ist mittels Warmformung in die mit Wellenzügen versehene, in Fig. 20 dargestellte Form gebracht worden, um die Dicke der Kanalanordnung von 1,22 mm (48 mils) auf etwa 2,5 mm (100 mils) zu erhöhen. Die Rillen der Wellenzüge bilden einen Winkel von  $80^\circ$  mit der Längsachse der

Kanalanordnung, wobei für eine Länge von 2,5 cm vier Scheitel an einer Seite vorgesehen sind. Jede Kanalanordnung besitzt eine Länge von 28 cm ( 11 inches) und eine Breite von 14,3 cm (5-5/8 Zoll). Die Kanalanordnungen sind derart gestapelt, dass die Wellenzüge benachbarter Lagen einander kreuzen. Jedes Ende der Kanalanordnungen ist jeweils unter Verwendung eines Abstandsbandes mit einem angrenzenden Ende verbunden, wobei das Abstandsband ähnlich wie das vorausgehend beschriebene Abstandsband mit einer Breite von 12,5 mm (500 mil) ausgebildet ist. Der Stapel wird in einem Gehäuse aufgenommen, welches aus Polyäthylenlagen mit einer Stärke von 6,45 mm (1/4 Zoll) besteht, die mit einem Einlass und Auslass für die Fluide versehen ist, welche den und zwischen den Kanalanordnungen zwecks Erzielung eines Vakuum-Wärmeübergangs zugeführt werden. Die wirksame Fläche für den Wärmeübergang beträgt  $12\,500\text{ cm}^2$  ( $13,5\text{ ft}^2$ .) Das zwischen den Kanalanordnungen hindurchtretende Fluid besteht aus Dampf, welcher kondensiert, wenn er das durch die Kanalanordnungen geleitete Fluid, nämlich Wasser, erwärmt. Die Wasserströmung beträgt 2 t/h (4400 lb/hr.), wobei die Eintrittstemperatur am Austauscher  $62,52^\circ\text{ C}$  und die Austrittstemperatur  $63,30^\circ\text{ C}$  beträgt. Die Dampftemperatur bei Kondensation beträgt  $63,92^\circ\text{ C}$  bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 2,76 kg/h (6,1 lb/hr.), woraus sich ein Gesamtwärmeübergangs-Koeffizient (U) von  $1270\text{ kcal/h }^\circ\text{C m}^2$  ( $260\text{ pcu/hr }^\circ\text{C.ft}^2$ ) ergibt.

Eine weitere Ausführungsform eines Wärmeaustauschers besteht aus einem Stapel von 20 warmgeformten Kanalanordnungen, die ähnlich dem im vorausgehenden Abschnitt beschriebenen Stapel ausgebildet sind, mit der Abänderung, dass jede Kanalanordnung eine Länge von 100 cm (39 1/2 Zoll) und eine Breite von 14 cm (5 1/2 Zoll) aufweist und die Querschnitts-Abmessung einer jeden in Längsrichtung verlaufenden Durchtrittsöffnung 30 einer Breite von 2,8 mm (110 mils) und einer Höhe von 0,76 mm (30 mils) entspricht. Dieser Wärmeaustauscher wird mit einer Gegenströmung von Salzwasser (Meerwasser mit 35 000 ppm-Salz) betrieben, welches auf etwa

49° C erwärmt ist, und welches zwischen den Kanalanordnungen von deren Auslassende zu deren Einlassende fliesst. Salzwasser mit etwa 20° C wird in die Kanalanordnungen geleitet und die Auslasstemperatur dieses Wassers beträgt 45° C. Dieses Auslasswasser wird auf 49° C erwärmt und dient als die Wassergegenströmung, welche zwischen den Kanalanordnungen hindurchtritt. Die Strömungsgeschwindigkeit beträgt 4,15 l/Min. (1,1 gal/min.), der Druckabfall über den Stapel der Kanalanordnungen beträgt 22,8 cm Wassersäule (9 Zoll Wassersäule) und der Gesamtwärmeübergangskoeffizient beträgt etwa 294 kcal/h °C.m<sup>2</sup> (60 pcu/hr. ft<sup>2</sup>°C).

Eine weitere Ausführungsform eines Wärmetauschers besteht aus einem Stapel von Kanalanordnungen, wovon jede 25,4 cm lang (10 Zoll) und 14 cm breit (5 1/2 Zoll) ist, wobei die Längskanäle Abmessungen von 0,76 x 2,8 mm (30 x 110 mils) aufweisen; diese Kanalanordnungen sind nicht durch Warmformung verbunden, sondern werden durch ein Abstandsband mit einer Dicke von 3,18 mm (0,125 Zoll) im Abstand voneinander gehalten, welches mit den Kanalanordnungen jeweils in einem Bereich von 5,1 cm (2 Zoll) heissversiegelt ist. Wasser mit einer Temperatur von etwa 65° C wird dem Stapel mit einer Geschwindigkeit von etwa 3,78 l/Min. (1 gal/min.) zugeführt, wobei ein Druckabfall von 3,8 cm Wassersäule (1,5 Zoll Wassersäule) erhalten wird und ferner Luft mit einer Temperatur von etwa 32° C mit einer Durchflussmenge von 510 l/Min. (180 cfm) zwischen den Kanalanordnungen hindurchgeführt wird. Die Luft tritt aus dem Wärmeaustauscher mit einer Geschwindigkeit von etwa 47° C aus. Der Gesamtwärmeübergangskoeffizient betrug 64 kcal/h °C.m<sup>2</sup> (13 pcu/hr.ft.<sup>2</sup>°C).

Ein Copolymeres von Tetrafluoräthylen und Perfluor-(3,6-dioxa-4-methyl-7-octensulfonsäure) mit einem Äquivalent von etwa 1150 wird verwendet, dessen Ionenaustauschrate für

-34-

Kupferkationen in dem anschliessend beschriebenen System 4,35 Äquivalente/h.m<sup>2</sup> (400 milliequivalente/hr.ft<sup>2</sup>) beträgt. Eine Ionenaustauschvorrichtung besteht aus den Kanalanordnungen gemäss Fig. 14, die aus diesem Copolymeren hergestellt sind. Jede Kanalanordnung ist 25,4 m (10 Zoll) lang und 15,2 mm (6") breit, die Folien besitzen eine Dicke von 0,125 mm (5 Mils) und die Rippen eine Dicke von 0,25 mm (10 mils) mit Mittelabschnitten von 3,12 mm (125 mils) und einer Höhe von 0,625 mm (25 mils) (gemessen vor der Heissiegelung oder Schweissverbindung von Rippe zu Rippe). Die Gesamtdicke einer jeden Kanalanordnung beträgt 1,4 mm (55 mils). Jede Kanalanordnung wird in das in Fig. 20 dargestellte Muster warmgeformt. Es wird ein Stapel von 20 dieser Kanalanordnungen verwendet, welcher für den Massenaustausch eine wirksame Fläche von 1,21 m<sup>2</sup> (13 ft<sup>2</sup>) aufweist. Eine wässrige Lösung von CuSO<sub>4</sub> in HNO<sub>3</sub> wird durch die Kanalanordnungen mit einer Strömungsmenge von 32,4 l/h geleitet. Eine wässrige Lösung von HNO<sub>3</sub> wird mit gleicher Strömungsgeschwindigkeit zwischen die Kanalanordnungen hindurchgeleitet. Diese Fluide stehen nicht in Verbindung miteinander in dem Sinne, dass ein Fluid Berührung mit dem anderen aufweist, aber es erfolgt ein Ionenaustausch zwischen den Fluiden durch die Folien der Kanalanordnungen. Die Konzentrationen der Kupferverbindung und der Säure am Einlass und Ausgang eines jeden Strömungsweges betragen:

	<u>Einlass</u>	<u>Auslass</u>
Durchfluss durch die Kanalanordnungen	30 g/l HNO <sub>3</sub> 25,6 g/l CuSO <sub>4</sub>	30 g/l HNO <sub>3</sub> 12,8 g/l CuSO <sub>4</sub> 7,9 g/l H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Durchfluss zwischen den Kanalanordnungen	120 g/l HNO <sub>3</sub>	110 g/l HNO <sub>3</sub> 15 g/l Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>

- 34 -

409851/0783

Es ist offensichtlich, dass weitere Abänderungen der Erfindung möglich sind, und diese werden im Rahmen der anliegenden Ansprüche von der Erfindung mitumfasst.

.36-

P a t e n t a n s p r ü c h e

- (1.) Wärm - bzw. Massenaustauschvorrichtung, gekennzeichnet durch ein Gehäuse, einen Stapel von mindestens zwei Kanalanordnungen (2, 22, 35) aus thermoplastischem Harz, die innerhalb des Gehäuses angeordnet sind, wobei die Enden des Stapels der Kanalanordnungen gegen eine Bewegung im Gehäuse gesichert sind, und jede der Kanalanordnungen (2, 22, 35) aus einem Paar Folien (4, 24, 26, 36, 40) besteht, sowie aus einer Anzahl paralleler Rippen (6, 28, 38, 42), welche sich zwischen den Folien erstrecken und diese im Abstand voneinander halten, so dass die zwischen den Folien und den Rippen erhaltenen Räume Kanäle für den Durchtritt einer ersten Flüssigkeit bilden, wobei die Kanalanordnungen zwischen ihren Enden gewellt verlaufen und die Wellenzüge in benachbarten Kanalanordnungen einander kreuzen, damit mindestens Abschnitte der Kanalanordnungen im Abstand voneinander gehalten werden, um eine Durchtrittsöffnung für ein zweites Fluid zu bilden, welches sich in einem anderen Zustand wie das erste Fluid befindet und sich zu einem Wärme- oder Massenaustausch mit diesem eignet, wobei das Gehäuse (100, 126) eine Einlassvorrichtung (106, 122) und eine Auslassvorrichtung (108, 124) für das erste Fluid sowie eine Einlassvorrichtung (110, 128) und eine Auslassvorrichtung (112, 130) für das zweite Fluid aufweist, und eine Einrichtung (72) vorhanden ist, um eine Verbindung zwischen dem ersten und dem zweiten Fluid innerhalb des Gehäuses zu verhindern, mit einer Einrichtung (134, 142, 144) zur Verhinderung eines Nebenschlusses des zweiten Fluids zwischen dem Stapel der Kanalanordnungen und dem Gehäuse, wobei diese Einrichtung die Abstände zwischen den Seiten der Kanalanordnungen an der Oberfläche des Stapels und den entsprechenden Gehäusewänden abdichtet und sich mit dem Stapel während eines Erhitzens desselben durchbiegen kann, um die Abdichtung aufrecht zu erhalten.

409851/0783

- 36 -



2. Wärm - bzw. Massenaustauschvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Folien der Kanal-anordnungen eine Dick zwischen 0,025 bis 0,5 mm (1 bis 20 mils) aufweisen.
  3. Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Wellenzüge sinusförmig verlaufen.
  4. Wärme- bzw. Massenaustauschvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Längskanten jeder Kanalanordnung einen Wulst (82) aus thermoplastischem Harz aufweisen.
- - - - -

FIG. 1

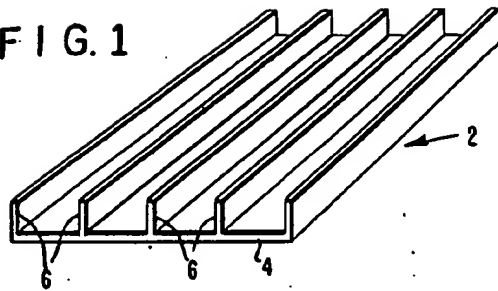


FIG. 2

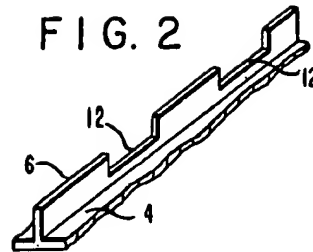


FIG. 3

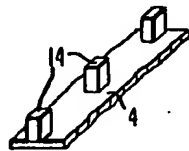


FIG. 4

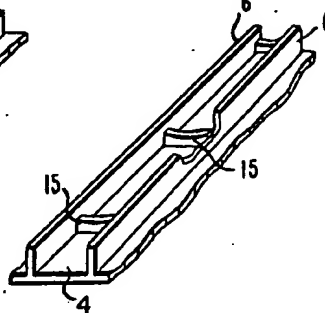


FIG. 6

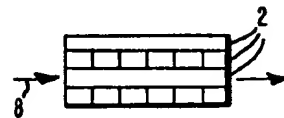


FIG. 7

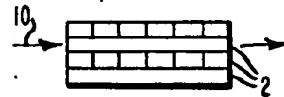


FIG. 5

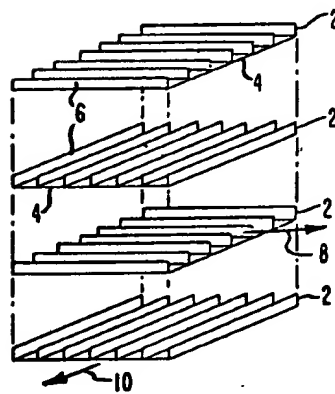


FIG. 8

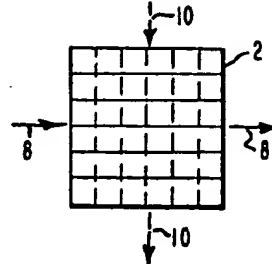


FIG. 10

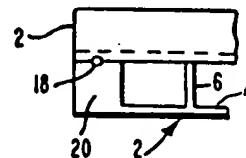


FIG. 9



409851/0783

17f 12-06

AT: 24.5.74

OT: 19.12.74

FIG. 11

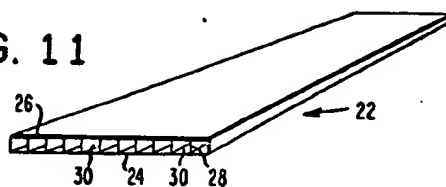


FIG. 12

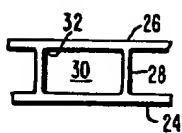


FIG. 13

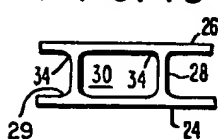


FIG. 14

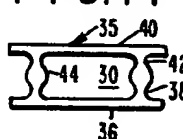


FIG. 15

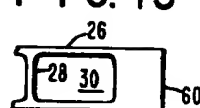


FIG. 16

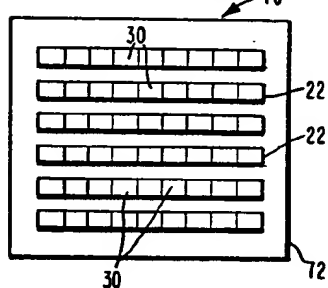


FIG. 17

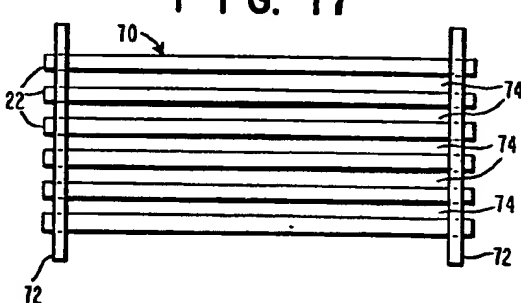


FIG. 18

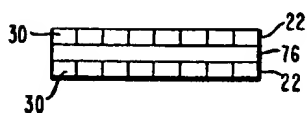


FIG. 19

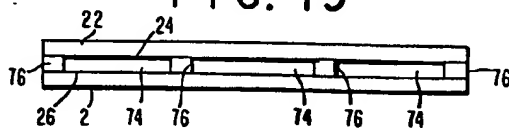


FIG. 26

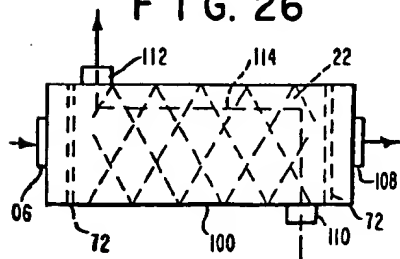
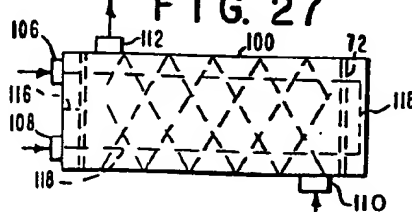


FIG. 27



409851/0783

FIG. 20

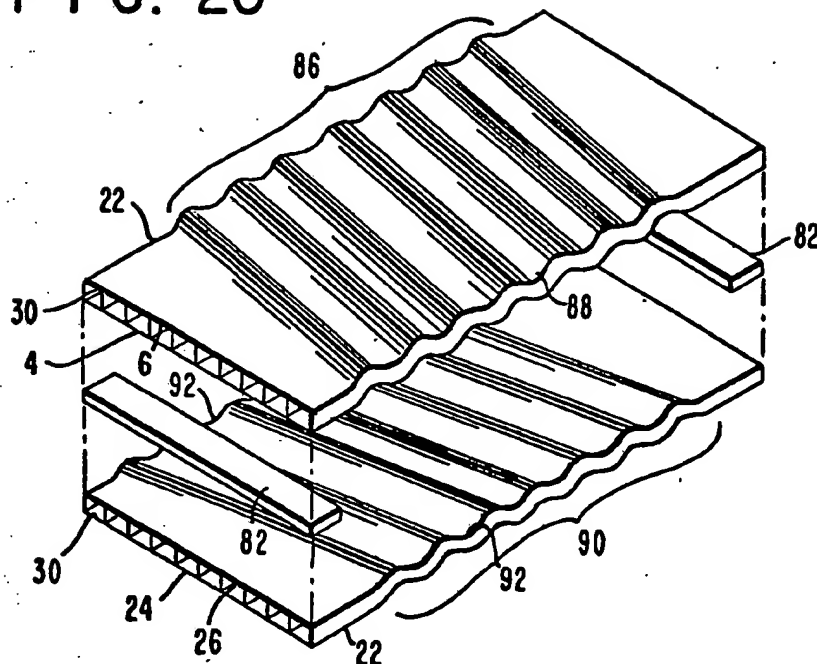


FIG. 21

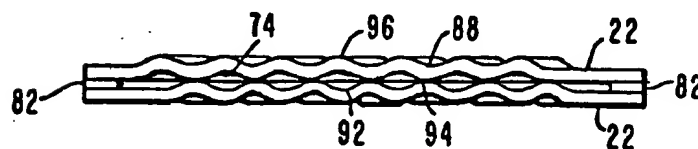
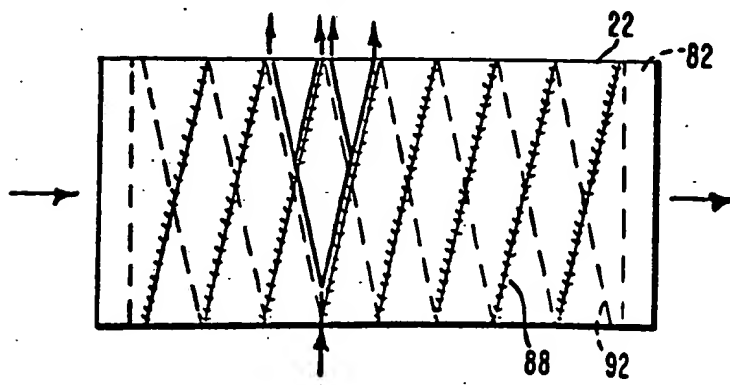


FIG. 22



409851/0783

FIG. 23

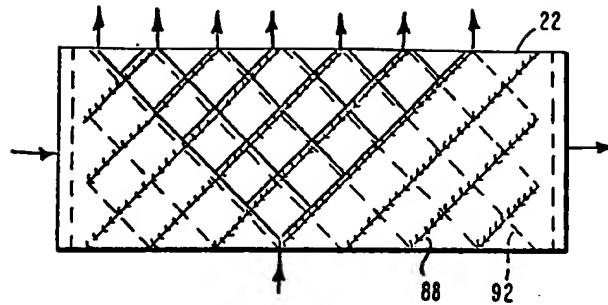


FIG. 24

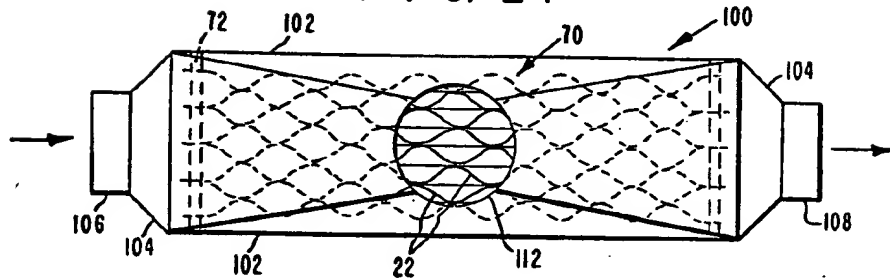
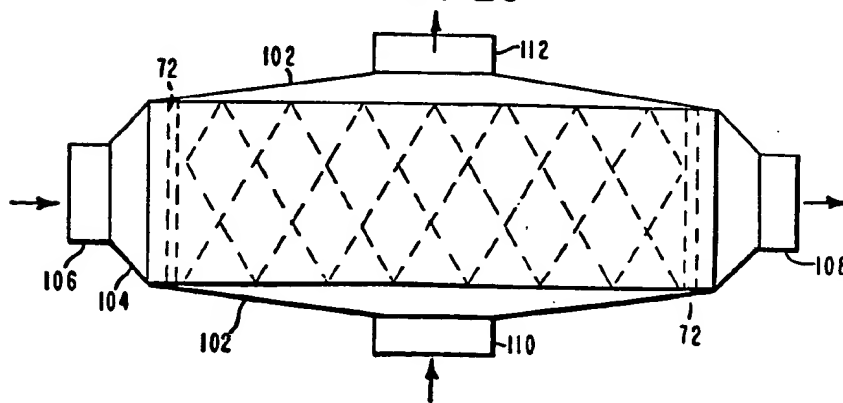


FIG. 25



409851/0783

FIG. 28

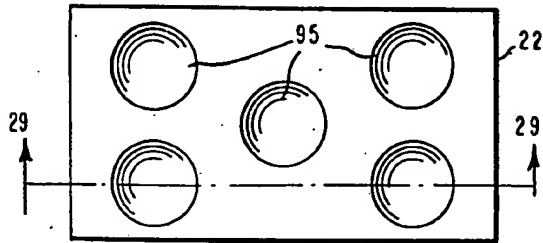


FIG. 30

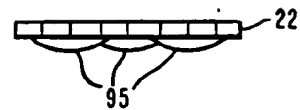


FIG. 29

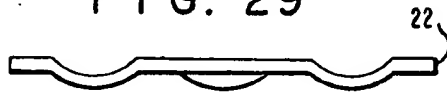


FIG. 31



FIG. 33



FIG. 32



FIG. 34

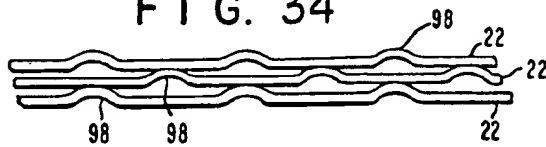
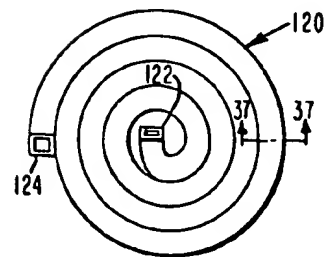


FIG. 35



409951/0783

-42-

FIG. 36

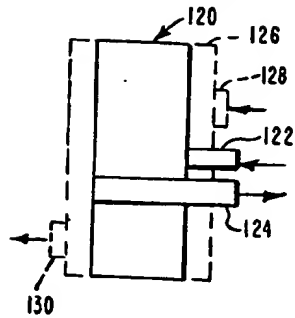


FIG. 37

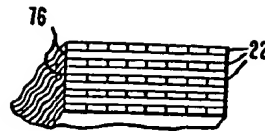


FIG. 38

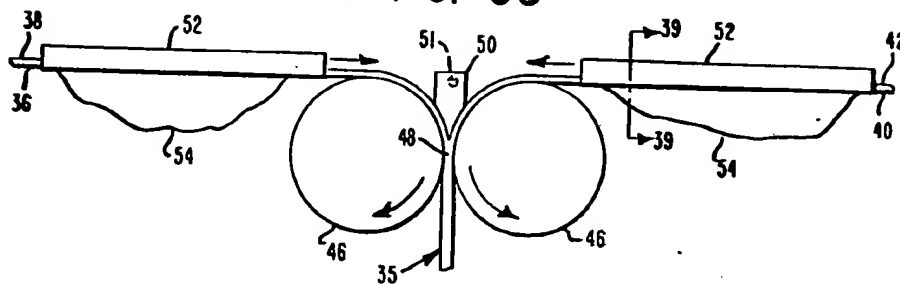


FIG. 45

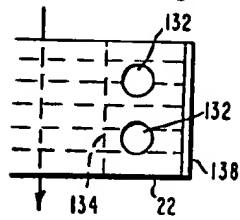


FIG. 39

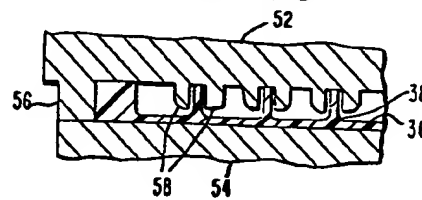


FIG. 46

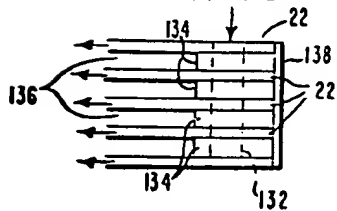
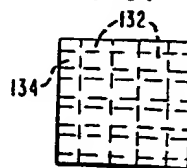


FIG. 47



40951/0783

FIG. 40

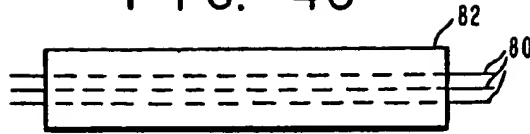


FIG. 41

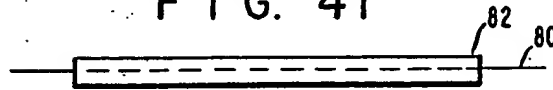


FIG. 42

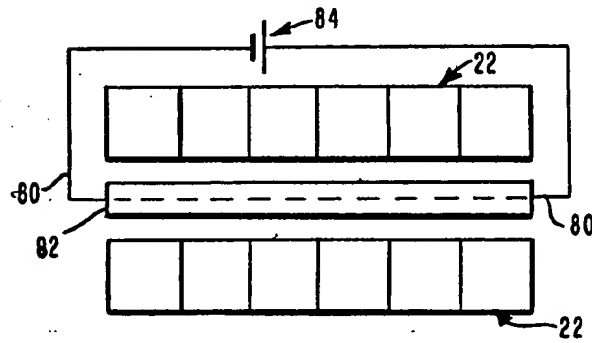


FIG. 43

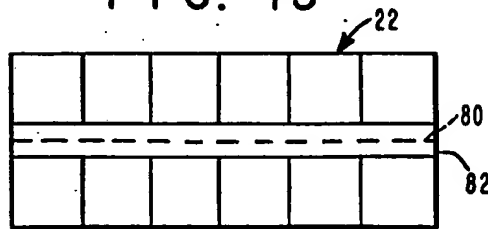
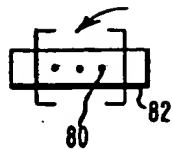


FIG. 44



409851/0783



44

FIG. 48

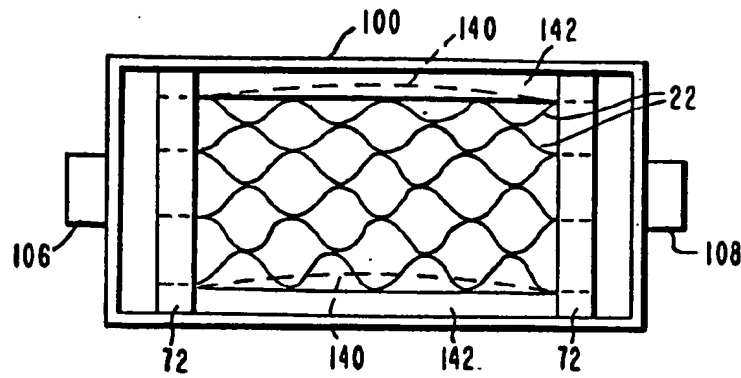


FIG. 49

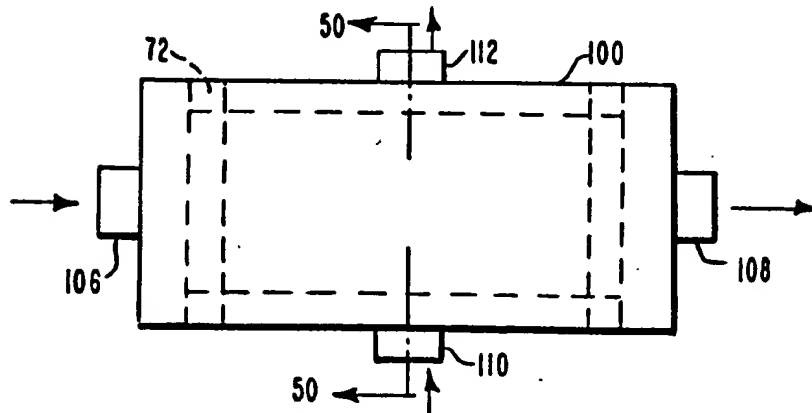


FIG. 50

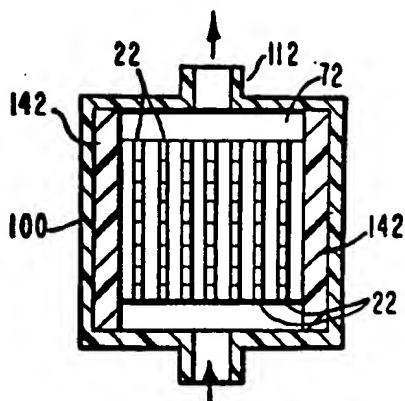
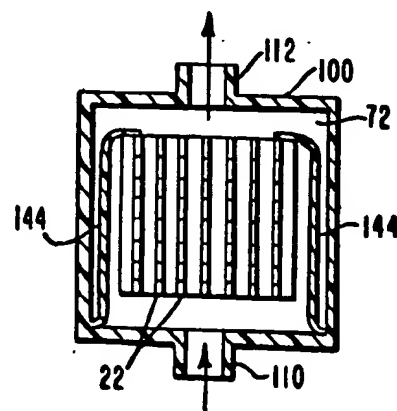


FIG. 51



409851/0783